

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE CHEZ LE CHEVAL DE SPORT

CHOIX DE NOUVELLES DÉRIVATIONS

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 10 juillet 1964

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

PAR

Jacques BLANCHARD

né le 10 octobre 1939 à ÉPINAL (Vosges)



LYON
IMPRIMERIE EMMANUEL VITTE
177, avenue Félix - Faure

1964

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE
CHEZ LE CHEVAL DE SPORT**

CHOIX DE NOUVELLES DÉRIVATIONS

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE CHEZ LE CHEVAL DE SPORT

CHOIX DE NOUVELLES DÉRIVATIONS

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 10 juillet 1964

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

PAR

Jacques BLANCHARD

né le 10 octobre 1939 à ÉPINAL (Vosges)



LYON

IMPRIMERIE EMMANUEL VITTE

177, avenue Félix - Faure

—
1964

PERSONNEL ENSEIGNANT de l'ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE de LYON

Directeur	MM. FLORIO
Directeur honoraire	JUNG
Directeur honoraire	TAPERNOUX
Professeur honoraire	CUNY

PROFESSEURS

Pharmacie et Toxicologie	MM. TAPERNOUX
Anatomie descriptive, Extérieur, Anatomie appliquée	BARONE
Physiologie, Thérapeutique, Pharmacodynamie	BOST
Histologie, Embryologie, Anatomie pathologique	LUCAM
Hygiène et industrie des aliments d'origine animale	FLACHAT
Zoologie appliquée, Parasitologie externe, Parasitologie interne	EUZÉBY
Pathologie médicale des équidés et des carnivores. Législation vétérinaire	FLORIO
Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour .	COTTEREAU
Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale	COLLET
Obstétrique, Pathologie de la Reproduction	BERTRAND
Microbiologie, Immunologie, Maladies contagieuses, Police sanitaire	JOUBERT
Ethnologie, Hygiène, Zootechnie, Economie rurale	FROGET
Botanique appliquée, Agronomie, Alimentation	JEAN-BLAIN
Physique et Chimie biologiques et médicales	MAGAT

CHEFS DE TRAVAUX

MM. BUSSIÉRAS, FERNEY, OUDAR, RUCKEBUSCH, Agrégés.
LAPRAS, LE NIHOUE, VAN HAVERBEKE, JEAN-BLAIN Claude

ASSISTANTS

MM. BLAVIGNAC, CHANTEGRELET, PROY, VERINE

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

Président : M. le Professeur GONIN, de la Faculté de Médecine.

Premier Assesseur : M. le Professeur FLORIO, de l'Ecole Vétérinaire.

Deuxième Assesseur : M. le Professeur BARONE, de l'Ecole Vétérinaire.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A MES PARENTS

**Témoignage de mon affection et de ma
reconnaissance.**

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GONIN
de la Faculté de Médecine de Lyon

qui nous a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence de notre thèse.



A MON MAITRE, MONSIEUR LE PROFESSEUR FLORIO
Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse admiration et de notre reconnaissance pour tout ce qu'il a su nous apporter tant du point de vue scientifique que du point de vue humain.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BARONE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Pour l'enseignement qu'il nous a prodigué, pour sa compréhension, qu'il reçoive ici l'expression de notre respectueux attachement.

A MONSIEUR LE CHEF DE TRAVAUX LAPRAS
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Vifs remerciements pour son aide et la
bienveillance qu'il nous a toujours témoi-
gnée.

INTRODUCTION

L'électrocardiographie, technique rigoureuse ne laissant que peu de marge à l'appréciation personnelle, a pris en médecine humaine un essor considérable et son utilité n'est plus à démontrer.

La médecine vétérinaire, toujours soucieuse d'augmenter et d'affiner ses moyens d'investigation, ne pouvait manquer de s'intéresser à ce problème. Et de fait, de nombreux travaux relatifs à cette question furent réalisés.

C'est NÖRR, en 1914, qui obtient les premiers enregistrements chez le cheval debout. L'emplacement des électrodes est le suivant :

- membre antérieur droit ;
- membre postérieur gauche ;
- région de la pointe du cœur ;
- région de l'épaule droite.

KAHN, la même année, reprend le problème, préconisant l'emploi d'une nouvelle dérivation :

- côté droit de l'encolure ; milieu du sternum.

En 1928, LAUTENSCHLAGER étudie l'E.C.G. du cheval et du bœuf.

En 1935, NEUMANN-KLEINPAUL et STEFFAN utilisent les trois dérivations suivantes :

- I. Pointe du cœur. Région préscapulaire droite.
- II. Pointe du cœur. Rectum.
- III. Région préscapulaire droite. Rectum.

En 1937, YACOËL et SPITZ travaillent sur les dérivations suivantes :

I. Garrot. Epaule droite.

II. Tiers postérieur du sternum. Epaule droite.

III. Epaule droite. Membre postérieur gauche.

Emplacements retenus par ces auteurs après expérimentation de dix-sept dérivations bipolaires différentes.

En 1940, SCHLIMPERT, le premier, dresse un tableau des amplitudes moyennes des différents accidents relevés sur les trois dérivations de Neumann-Kleinpaul et Steffan.

En 1943, CHARTON, MINOT et BRESSOU travaillent sur deux cents chevaux, avec les dérivations suivantes :

I. Membre antérieur droit. Membre antérieur gauche.

II. Membre antérieur droit. Membre postérieur gauche.

III. Membre antérieur gauche. Membre postérieur gauche.

IV. Pointe du cœur. Membre postérieur gauche.

V. Pointe du cœur. Membre antérieur droit.

VI. Pointe du sternum. Intersection d'une horizontale passant par la pointe de l'épaule gauche et d'une verticale passant par la pointe du coude gauche.

Ils étudient les différentes ondes en dérivation II et leur durée, ainsi que celle des espaces PR et ST, mais constatent la variabilité des tracés.

En 1950, SPÖRRI d'une part, LANNEK et RUTQVIST d'autre part, publient de nombreuses observations, utilisant les dérivations standards bipolaires des membres ainsi que les unipolaires (aVR, aVL, aVF).

En 1951, ROSSI enregistre les tracés en unipolaires thoraciques et attire l'attention, pour la première fois, sur l'intérêt que présente la détermination de l'axe électrique.

Sous la direction de M. le Pr FLORIO, CARRÈRE, dans sa thèse de Doctorat Vétérinaire, en 1952, reprend l'étude des dérivations bipolaires et unipolaires des membres, dressant un tableau des intensités et durées moyennes des ondes, dans les six dérivations.

Il s'attache ensuite à l'étude du retentissement de diverses affections cardiaques sur les tracés électrocardiographiques.

En 1952, également, Van ZIJL étudie les dérivations des membres et enregistre les premières dérivations précordiales unipolaires, au nombre de dix. Il dresse un tableau où il consigne les valeurs moyennes des durées et amplitudes dans toutes les dérivations.

En 1956, CSEK et KOVACS font l'étude comparative des tracés obtenus au repos et après un travail déterminé, utilisant les dérivations bipolaires des membres.

En 1958, MACAREZ consacre sa thèse à l'étude du champ électrique du cœur du cheval, employant :

- les dérivations bipolaires et unipolaires des membres ;
- trois dérivations bipolaires thoraciques ;
- des dérivations unipolaires sternales et œsophagiennes ;
- seize dérivations précordiales de chaque côté du thorax.

Ce travail, portant sur cinquante-cinq chevaux, aboutit aux résultats suivants :

1° L'axe de l'onde P peut être représenté par un vecteur orienté d'avant en arrière, de bas en haut, de droite à gauche.

2° L'axe moyen de QRS peut être représenté par un vecteur approximativement orienté d'arrière en avant, de bas en haut, de droite à gauche.

3° L'axe moyen de T est orienté très différemment selon les animaux étudiés.

4° Le point O, origine des vecteurs représentatifs de QRS serait approximativement situé dans le septum interventriculaire, à l'union de son tiers inférieur et de son tiers moyen, à faible distance du sillon interventriculaire antérieur.

5° Le champ électrique engendré à la surface du thorax par l'activité des ventricules n'est pas homogène.

6° La dépolarisation et la repolarisation ventriculaires ne suivent pas, chez le cheval, un trajet analogue à celui qui a été mis en évidence chez le chien et chez l'homme.

7° On doit mettre en doute la validité de l'hypothèse du triangle d'Einthoven chez le cheval en calculant l'axe moyen de QRS dans les dérivations périphériques.

En 1961, DUBOIS, après une critique des dérivations des membres, propose les dérivations suivantes :

I. Bord antérieur de l'épaule droite. Bord antérieur de l'épaule gauche (à mi-distance du garrot et de la pointe de l'épaule).

II. Bord antérieur de l'épaule droite. Zone rétroxyphoïdienne.

III. Bord antérieur de l'épaule gauche. Zone rétroxyphoïdienne,

ainsi que les unipolaires correspondantes (aVR, aVL, aVF). Son travail porte sur les bovins, porcins, caprins et équins.

Enfin, PRADIER, dans sa thèse de Doctorat Vétérinaire, reprend la méthode de DUBOIS, uniquement chez le cheval de sport, sans apporter grande précision.

Signalons de plus, que, parallèlement à ces études poursuivies chez le cheval, s'effectuaient de nombreuses recherches chez le chien (BARAYRE ; BENAZET (1) ; GUIBERT (1)), le chat (LEPESCHKIN ; MASSMANN ; OPITZ), les bovins (FUZIER (1) ; BARRUEL (1) ; MORETTI), le porc (SPÖRRI ; HAMLIN), le lapin (HEYRAUD), le mouton (WESTERMANN), le dromadaire (BRAUN).

On voit donc que l'électrocardiographie vétérinaire est riche d'études, notamment chez le cheval. Et l'on comprend mieux encore la multiplicité des travaux dans cette espèce quand on envisage l'intérêt pratique de cette discipline.

En effet, cet animal peut aujourd'hui être considéré comme un pur « sportif » dont le comportement et l'avenir sont en grande partie sous la dépendance d'un bon fonctionnement cardiaque.

De plus, le problème de la mise en condition physique est extrêmement délicat. S'il est relativement facile d'apprécier le degré d'entraînement de l'animal, il est par contre extrêmement difficile de savoir si le cœur a subi sans dommage cette période d'entraînement, s'il n'est pas surmené, « forcé », ou,

(1) Ces thèses de Doctorat Vétérinaire ont été réalisées sous la Direction de Monsieur le Professeur FLORIO.

chez un cheval en fin de carrière, s'il est encore capable de résister à l'épreuve à laquelle on le destine.

Aussi voulions-nous, initialement, nous appuyant sur les travaux antérieurs et sur des observations personnelles, tenter de définir l'E.C.G. du cheval de sport, envisageant successivement la technique employée, les tracés normaux, les tracés nettement pathologiques, les tracés à la limite du pathologique et l'utilité de l'épreuve d'effort.

Or nous nous sommes aperçu, en approfondissant nos recherches et au fur et à mesure que le nombre de nos observations augmentait que, dans l'état actuel des choses, l'électrocardiographie chez le cheval ne pouvait pas nous donner les résultats que nous étions en droit d'attendre d'une telle technique, à cause, d'une part, de la divergence des méthodes employées tant du point de vue technique d'enregistrement que du point de vue technique d'interprétation des tracés, et d'autre part, de la plus ou moins grande imprécision de ces méthodes.

Il nous est alors apparu nécessaire de faire le point sur l'état actuel de l'électrocardiographie du cheval de sport.

Dans ce but, après une première partie consacrée à un rappel des bases générales théoriques de l'électrocardiographie, nous envisagerons, dans une seconde partie, l'étude comparée des méthodes électrocardiographiques actuellement employées en médecine vétérinaire. Cette étude sera faite en fonction des travaux réalisés antérieurement par différents auteurs et en fonction de nos observations personnelles portant sur cinquante-sept chevaux réputés sportifs. Elle envisagera successivement les principes et la technique utilisée, les résultats obtenus, les avantages, les inconvénients, les limites.

Enfin, dans une troisième partie, nous exposerons les conséquences découlant de l'emploi de telles méthodes et nous nous efforcerons de démontrer la nécessité d'une nouvelle méthode d'enregistrement. Nous en rappellerons les principes, établirons les bases, décrirons la technique et, par quelques résultats comparatifs, nous essayerons d'en démontrer l'utilité.

PREMIÈRE PARTIE

BASES GÉNÉRALES DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE : RAPPEL

On sait depuis longtemps qu'une fibre musculaire activée est le siège de phénomènes électriques.

De même le cœur en activité rythmique permanente, à l'état normal, et considéré comme un ensemble complexe de fibres musculaires activées à des moments différents, est la source de courants d'action. Il n'est pas directement accessible à l'exploration électrique mais se trouve entouré par différents tissus qui forment un milieu conducteur de l'électricité, peu homogène, c'est-à-dire dont toutes les parties ne présentent pas la même résistance au passage du courant.

Ce milieu conducteur a une configuration compliquée et le cœur s'y trouve situé dans une position excentrique par rapport aux courants d'action qui naissent dans le cœur et qui sont transmis à la surface des téguments.

Dès 1877, des enregistrements de ces phénomènes électriques furent tentés par MARCHAND.

Mais c'est à EINTHOVEN, en 1903, que revint le mérite d'inventer un appareil doué d'une grande sensibilité et d'une inertie suffisamment faible (le galvanomètre à corde) permettant, par l'intermédiaire d'électrodes placées sur les téguments, de recueillir les variations de potentiel des points explorés.

L'étude de ces variations de potentiels en différents points de la surface externe devait permettre, dans une certaine mesure, de tirer des conclusions sur les courants d'action cardiaques et sur la façon dont le processus d'excitation se déroulait dans le cœur.

Le problème était complexe, mais il fut cependant possible de le simplifier de façon utile.

I. L'HYPOTHÈSE DU DIPÔLE.

On a pu démontrer théoriquement et expérimentalement (mais c'est EINTHOVEN qui le premier formula l'hypothèse) que l'action à distance du cœur peut être assimilée à chaque instant à l'action d'une fibre musculaire isolée.

Or, une fibre musculaire isolée, siège de phénomènes bio-électriques, influence un milieu conducteur de la même manière que deux charges égales mais de signe contraire et très proches l'une de l'autre, situées à la place de la fibre. Les physiciens appellent cet ensemble de charges un dipôle, et la distribution des potentiels qui en résulte dans le milieu conducteur, le champ électrique du dipôle.

Les courants d'action cardiaques se distribuent dans le corps humain selon les mêmes règles, à condition que les dérivations soient prises loin du cœur.

Le champ électrique d'un dipôle est symétrique par rapport à la ligne qui passe perpendiculairement entre les deux charges du dipôle.

Cette ligne est isopotentielle et l'on admet que son potentiel est zéro parce qu'elle se trouve à un potentiel intermédiaire entre celui de la charge positive et celui de la charge négative. Les différences de potentiel les plus importantes se rencontreront donc le long d'une ligne qui est perpendiculaire au potentiel zéro.

II. NOTION D'AXE ÉLECTRIQUE DU CŒUR.

On peut représenter un dipôle par un vecteur ayant pour direction celle de la droite joignant les deux pôles et pour sens celui d'un mobile se dirigeant du pôle négatif vers le pôle positif et ayant une grandeur déterminée.

Si l'activation cardiaque présente un front situé dans un plan perpendiculaire à l'axe anatomique du cœur et si ce plan se déplace dans une seule direction, à savoir de la base vers la pointe, il est logique de confondre axe électrique et axe anatomique du cœur.

Si, à partir d'un même point, l'activation se propage en un instant donné, non plus dans une, mais dans deux direc-

tions différentes, il devient nécessaire de la représenter par deux vecteurs.

Ces deux vecteurs pouvant s'additionner géométriquement, il est facile d'en calculer la résultante et le cœur peut à nouveau être assimilé à un dipôle unique dont la direction détermine à l'instant considéré un axe électrique résultant.

On sait cependant, aujourd'hui, que la source électrique du cœur est constituée par un grand nombre de dipôles élémentaires se manifestant à des moments différents. C'est pourquoi l'assimilation du cœur à un dipôle ne peut être regardée que comme une approximation.

III. HYPOTHÈSE D'EINTHOVEN.

Afin de permettre une étude quantitative des effets électriques, EINTHOVEN formula une hypothèse dont les applications cliniques se sont révélées fructueuses.

1^o Le corps est un milieu conducteur homogène.

Il a été prouvé expérimentalement que les différents tissus ont une conductibilité approximativement égale et que l'erreur commise en postulant le milieu tissulaire comme homogène est minime (KATZ, 1947 ; DUCHOSAL).

2^o Les dimensions du milieu conducteur par rapport à celles du cœur sont assez grandes pour qu'on puisse pratiquement le considérer comme infini.

3^o L'activité électrique cardiaque peut à chaque instant être assimilée à celle d'un dipôle unique, mais seulement à une certaine distance du cœur.

4^o Le dipôle unique résultant se trouve au centre d'un triangle équilatéral (triangle d'Einthoven dont les sommets sont représentés par la région de l'épaule droite (R), de l'épaule gauche (L) et du pubis (F)).

En effet, du point de vue électrique, les membres ne font que prolonger les câbles de l'électrocardiographe.

Toutefois, suivant les individus, ce triangle peut être plus ou moins isocèle ou même rectangle, l'erreur que l'on commet en le considérant comme équilatéral étant probablement faible.

5^o Loi d'Einthoven : à chaque instant, la déflexion enregistrée en D_2 est égale à la somme algébrique des déflexions synchrones en D_1 et D_3 .

GOLDBERGER a bien insisté sur le fait que la relation d'Einthoven est *toujours* exacte.

En effet, si nous prenons le triangle d'exploration RLF et si nous calculons les différences de potentiel entre les sommets de ce triangle pris deux à deux en opérant toujours dans le même sens (RLFR par exemple), nous constatons que la somme des valeurs obtenues est nulle. Il s'agit là d'une simple conséquence de la loi de Kirchhoff.

On peut donc écrire : $D_I + D_{II} + D_{III} = 0$.

Afin de rendre la présentation des électrocardiogrammes normaux plus homogène, EINTHOVEN, FAHR et DE WAART proposèrent d'inverser la polarité de la seconde dérivation.

L'inversion de polarité en D_{II} entraîne la modification de l'égalité précédente qui devient :

$$D_I + D_{III} - D_{II} = 0$$

$$\text{D'où : } D_{II} = D_I + D_{III}$$

Cette relation n'est donc qu'une variante de la loi de Kirchhoff. Mais il apparaît clairement que la méthode cesse d'être valable si le triangle d'exploration réel ne peut *électriquement* être assimilé à un triangle équilatéral.

Par conséquent, il ne pourra y avoir d'électrocardiographie pleinement acceptable que si :

- a) les tissus déterminent un milieu conducteur homogène ;
- b) le triangle anatomique peut être considéré à peu près comme un triangle équilatéral ;
- c) le dipôle cardiaque se trouve approximativement localisé au centre du triangle ;
- d) les dimensions du triangle par rapport à celles du corps sont assez grandes pour qu'on puisse, en pratique, considérer le milieu comme infini ;
- e) l'équation d'Einthoven est vérifiée.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE COMPARÉE DES MÉTHODES UTILISÉES EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

L'historique rapide que nous avons esquissé montre clairement qu'il existe de très nombreuses méthodes d'enregistrement électrocardiographique en médecine vétérinaire, beaucoup d'auteurs travaillant sur des dérivations qui leur sont personnelles et supprimant par conséquent toute possibilité de cumul et de comparaison des observations réalisées.

Cependant, nous pouvons retenir deux méthodes essentielles :

- La première, dite méthode classique, emploie les dérivations bipolaires et unipolaires des membres (ou podales) et c'est elle qui a certainement été utilisée le plus couramment.
- La seconde, dite « méthode de Dubois » est digne d'intérêt, car elle est la plus récente et repose sur des bases nouvelles que l'on ne peut négliger.

Les autres méthodes sont plus ou moins dérivées de celle-ci ou de celle-là et par conséquent leurs avantages et défauts respectifs se retrouvent.

Nous allons donc nous livrer à une étude critique de ces deux méthodes, envisageant pour chacune d'elles son principe, sa technique d'emploi, les résultats obtenus, les avantages et les inconvénients présentés.

A. LA MÉTHODE CLASSIQUE.

Abordant le problème du point de vue anthropomorphiste, cette méthode utilise les dérivations unipolaires et bipolaires

employées en électrocardiographie humaine et choisit chez le cheval comme lieux d'élection pour placer les électrodes :

- *aux antérieurs* : la face antéro-interne du bras, quelques centimètres au-dessus du « genou » ;
- *aux postérieurs* : la face interne de la jambe, un travers de main au-dessus du jarret.

Les dérivations périphériques utilisées s'établissent donc ainsi :

Bipolaires.

- + D₁ : Antérieur droit. Antérieur gauche.
- + D₂ : Antérieur droit. Postérieur gauche.
- + D₃ : Antérieur gauche. Postérieur gauche.

Unipolaires.

- + aVR : Antérieur droit.
- + aVL : Antérieur gauche.
- + aVF : Postérieur gauche.

L'animal est placé sur un tapis isolant ou sur un lit de paille, ou mieux encore chaussé d'épaisses sandales de cuir fixées par des courroies.

La région choisie pour placer l'électrode est lavée avec une solution saline et enduite d'une pâte conductrice spéciale. Il n'est absolument pas nécessaire de tondre la région.

L'on place ensuite les électrodes, grandes plaques (10 cm × 4 cm) en argent, souples, qui sont solidement fixées aux membres à l'aide d'une large bande de caoutchouc.

La technique est simple et les animaux s'y prêtent généralement bien.

Les tracés obtenus, par leur allure générale, rappellent très nettement les tracés de l'homme.

CARRÈRE (1952) en a défini les constantes d'amplitude et de durée.

L'examen d'une cinquantaine de tracés antérieurement réalisés et nos observations personnelles (36) sur des chevaux cliniquement normaux nous a permis de retrouver les durées

indiquées. En ce qui concerne les amplitudes, nous avons pu constater une assez grande variation. Celle-ci est également manifeste en ce qui concerne la morphologie des différents accidents.

Ainsi, en examinant les tracés obtenus sur neuf chevaux réputés grands sportifs (participants probables aux épreuves olympiques de Tokyo), cliniquement normaux, si les durées varient dans les limites normales :

P : 0,08 à 0,14 seconde.

PR : 0,26 à 0,46 seconde.

QRS : 0,08 à 0,012 seconde.

QT : 0,46 à 0,60 seconde.

T : 0,12 à 0,20 seconde.

l'examen des amplitudes des différentes ondes nous a montré des variations allant, pour :

P : de 0 à 0,3 millivolt avec présence d'ondes bifides ou négatives ;

QRS : de $-0,15$ à $+1,9$ millivolt, avec des formes Q $Rr'S$, Q rS , RS, etc., extrêmement diverses ;

T : de 0,03 à 0,7 millivolt, tantôt positive, tantôt négative ou bifide.

De plus, l'équation d'Einthoven n'est, pour ainsi dire, jamais vérifiée.

Exemple de tracés (Planche I)

Chevaux présélectionnés olympiques :

Observation n° 1 : Léopard.

— *n° 2 : Garden.*

— *n° 3 : Ouragan.*

— *n° 4 : Image.*

Pourtant, malgré l'inconstance des tracés et leur faible amplitude, cette méthode électrocardiographique donne des indications valables permettant de confirmer un diagnostic suspecté du point de vue clinique, notamment en ce qui

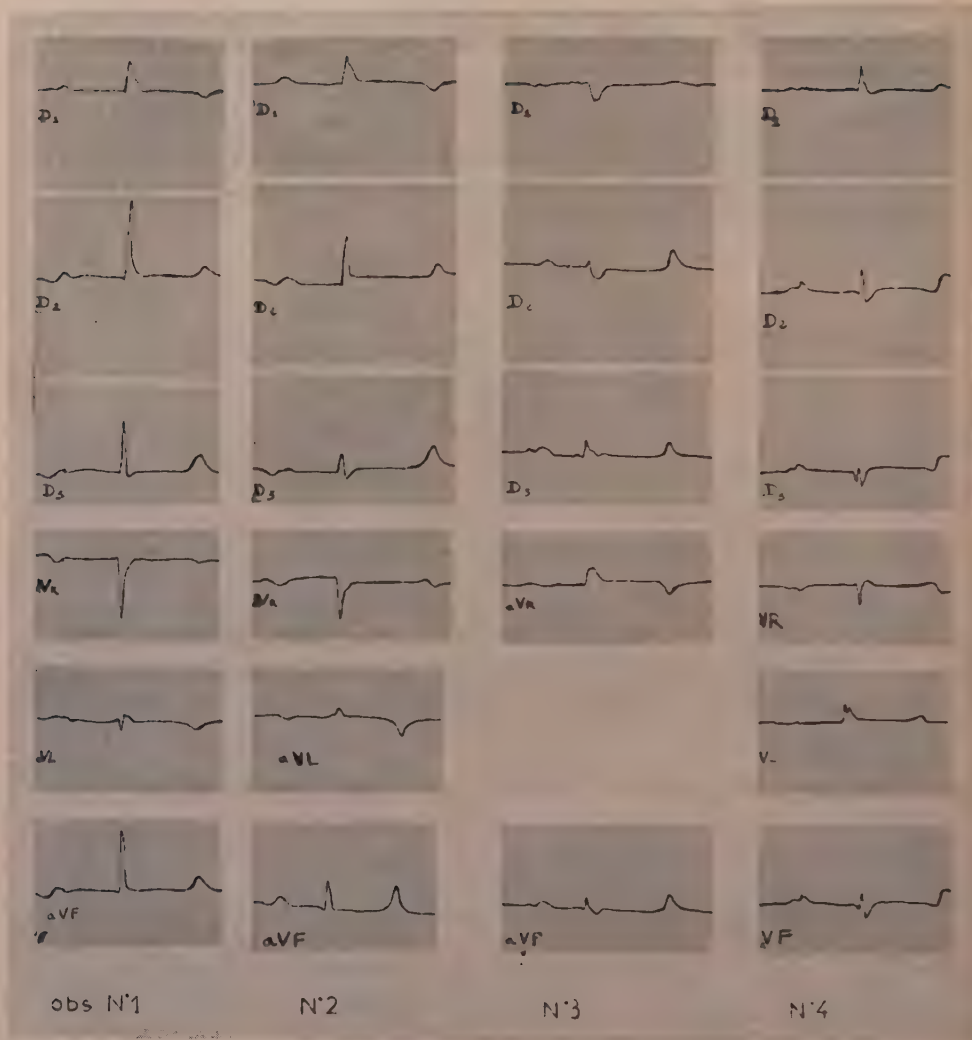


PLANCHE I

Observations n^{os} 1, 2, 3, 4.

Tracés E.C.G. obtenus selon la méthode classique.

Chevaux cliniquement normaux, tracés très différents.

V = 50 mm/sec. 1 cm = 1 mv.

concerne les troubles des fonctions chronotrope, dromotrope, éventuellement de la fonction bathmotrope et plus difficilement de la fonction inotrope.

— *Troubles de la fonction chronotrope.*

Fausse intermittence.

Observation n° 5 (Planche II)

« Négus ». Etalon barbe. Alezan doré. 13 ans.

Cheval très sensible aux excitations vago-sympathiques.

L'auscultation révèle :

- une bradycardie légère ;
- une arythmie ;
- une intensité des bruits diminuée.

— *Troubles de la fonction dromotrope.*

1. Bloc auriculo-ventriculaire fruste.

Observation n° 6 (Planche II)

« Laurier ».

Présélectionné olympique.

Cliniquement, l'animal est parfaitement normal.

2. Bloc auriculo-ventriculaire incomplet.

Observations n°s 7, 8, 9 (Planche II)

« Monsieur de Littry »	}	Chevaux présélectionnés olympiques.
« Mon Clos »		
« Jacasse »		

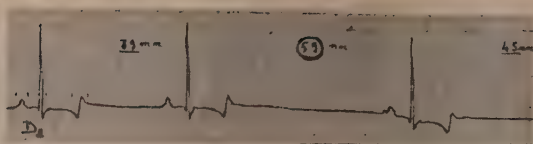
A l'auscultation ces chevaux présentent une arythmie avec disparition des bruits toutes les six ou sept révolutions. Le cœur reste bien frappé. On ne note pas la présence de bruits anormaux ou surajoutés.

— *Hypertrophies ventriculaires.*

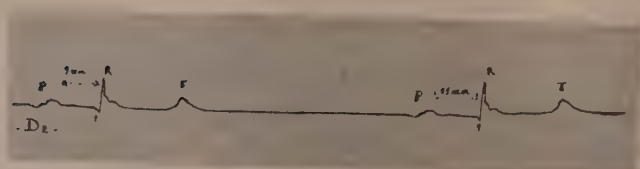
Observation n° 10 (Planche II)

« Quivala ». Pur-sang hongre. Bai. 3 ans.

Le propriétaire, inquiet du comportement de son cheval, qui semble se fatiguer rapidement en course, demande un E.C.G.



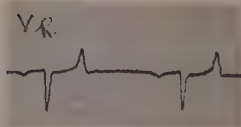
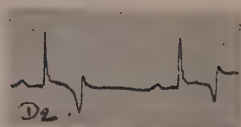
obs N°5



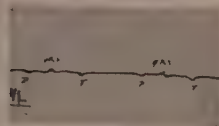
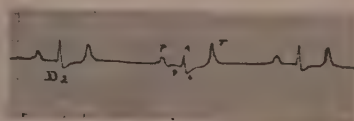
obs N°6



obs N°7



obs N°10



obs N°13

PLANCHE II

Tracés anormaux obtenus sur les chevaux cliniquement anormaux, selon la méthode classique,

$V = 50 \text{ mm/sec. } 1 \text{ cm} = 1 \text{ mv}$

Observation n° 5	Intermittence
Observation n° 6	Période de Luciani-Wenckebach
Observation n° 7	Bloc A.V. incomplet
Observation n° 10	Hypertrophie ventriculaire gauche
Observation n° 13	Atteinte étendue du myocarde

L'auscultation montre un cœur aux battements très forts, nettement perceptibles à la palpation. Le pouls est difficilement perceptible. On entend un premier bruit violent, métallique.

Diagnostic clinique : Eréthisme cardiaque.

L'examen du tracé montre :

1° Dans les dérivations bipolaires :

- un complexe QRS positif et élargi en D₁, nettement positif et croché en D₂, négatif en D₃ ;
- une phase terminale ST négative en D₁ et D₂.

2° Dans les dérivations unipolaires :

- un complexe Q.R.S. positif et croché en VL, avec onde T diphasique ;
- une onde T fortement positive en VR.

Conclusion : Hypertrophie ventriculaire gauche.

Observation n° 11

Hongre de 8 ans. Rouan...

Cet animal, hospitalisé au Service de Médecine de l'Ecole Vétérinaire, présente un très léger jetage.

Les naseaux sont dilatés. Les muqueuses pâles.

L'examen de l'appareil respiratoire montre :

- une inspiration forte, prolongée ;
- une respiration discordante avec parfois présence d'un soubresaut.

On provoque facilement l'apparition d'une toux sonore, quinteuse, sans rappel.

L'auscultation révèle la présence de râles crépitants et sibilants du côté gauche.

Le cœur est accéléré. Le pouls affaibli.

L'intensité des bruits est diminuée, mais il n'y a pas de bruits surajoutés.

Diagnostic clinique : Bronchite chronique avec tendance à l'emphyseme, début de myocardite.

Le tracé électrocardiographique montre :

- un complexe QRS nettement positif en D₁, négatif et élargi en D₃, élargi en VR - VF, positif en VL ;

- une onde T négative en D₁, D₂, D₃, VF, positive en VR ;
- une phase terminale ST aplatie.

Conclusion : Hypertrophie. Dilatation débutante.

— *Atteinte du myocarde.*

Observation n° 12

Cheval hongre. 11 ans. Bai brun foncé.

Cet animal, également hospitalisé au Service de Médecine, est en très mauvais état général, avec un léger œdème des parties déclives.

L'examen clinique révèle :

- un rythme cardiaque de 42 battements par minute ;
- un pouls faible ; disparition du choc précordial ;
- une augmentation de l'aire de matité cardiaque ;
- un premier bruit assourdi, les deux bruits se succédant normalement.

On ne note pas la présence de bruits anormaux ou supplémentaires.

Diagnostic : Myocardite chronique.

L'électrocardiogramme nous montre :

- la présence d'ondes P multiples, aplaties ;
- un complexe QRS élargi en D₂ - VF ;
- la présence d'une onde r' avec ressaut en D₃ ;
- un segment ST décalé vers le bas en D₂ - D₃ - VF, décalé vers le haut en VR ;
- une onde T aplatie et bifide ;
- un allongement du segment QT.

Conclusion : atteinte grave du myocarde (infarctus ?) notamment en région antéro-septale.

L'animal meurt quelques jours après et nous observons à l'autopsie :

- un cœur qui n'est ni dilaté ni hypertrophié ;
- à la section, dans la masse ventriculaire gauche, la présence sur la face antérieure, en avant du septum, d'une dégénérescence fibreuse pouvant correspondre à un infarctus cicatrisé.

On note également, au niveau des deux sillons interventriculaires, la présence d'un infarctus fibro-graisseux.

Observation n° 13 (Planche II)

« Gudule ». Jument anglo-arabe. 13 ans. Bai.

Il s'agit d'un très bon cheval, à l'origine, qui a beaucoup baissé du point de vue sportif et qui, lors d'un cross de 3 000 mètres, comprenant 22 obstacles, s'est écroulé à 80 mètres de l'arrivée. Ayant eu l'occasion de l'ausculter après un mois de repos, nous notons :

- un cœur accéléré (soixante-dix battements par minute) ;
- un dédoublement du premier bruit et un assourdissement des deux bruits ;
- une augmentation de l'aire de matité cardiaque.

Diagnostic : Myocardite.

L'examen de l'E.C.G. montre :

- une onde R très faible en VL (la dérivation VL est presque illisible) ;
- une onde S importante en D₂, D₃, VR ;
- un décalage du segment ST dans le sens opposé à celui du complexe QRS, en D₂, D₃, VF ;
- une onde T très marquée en D₂, D₃, VF, symétrique et inversée en D₁ et VL.

Conclusion : altération étendue du myocarde, surtout en région antéro-latérale gauche.

Cette méthode apparaît ainsi satisfaisante pour la reconnaissance des troubles cardiaques portant sur le rythme, la conductibilité et l'excitabilité, ce qui, dans une large mesure, assure la confirmation électrocardiographique d'une cardiopathie décelée cliniquement.

Mais tel n'est pas toujours le cas et nous nous heurtons souvent à des inconvénients graves.

Citons tout d'abord l'obtention de tracés *électriquement* anormaux sur des chevaux cliniquement sains.

Observation n° 14 (Planche III)

« Messagère ». Jument demi-sang. 7 ans. Alezan brûlé.

Cette jument est considérée comme un bon cheval moyen, effectuant un travail calme et régulier.

L'examen clinique est tout à fait normal.

Le tracé électrocardiographique montre :

- un complexe QRS presque inexistant en D₁, D₂, VL, négatif en VL ;
- une onde T inversée, symétrique en D₁, augmentée en D₃ - VF.

Conclusion : tracé nettement anormal, non interprétable.

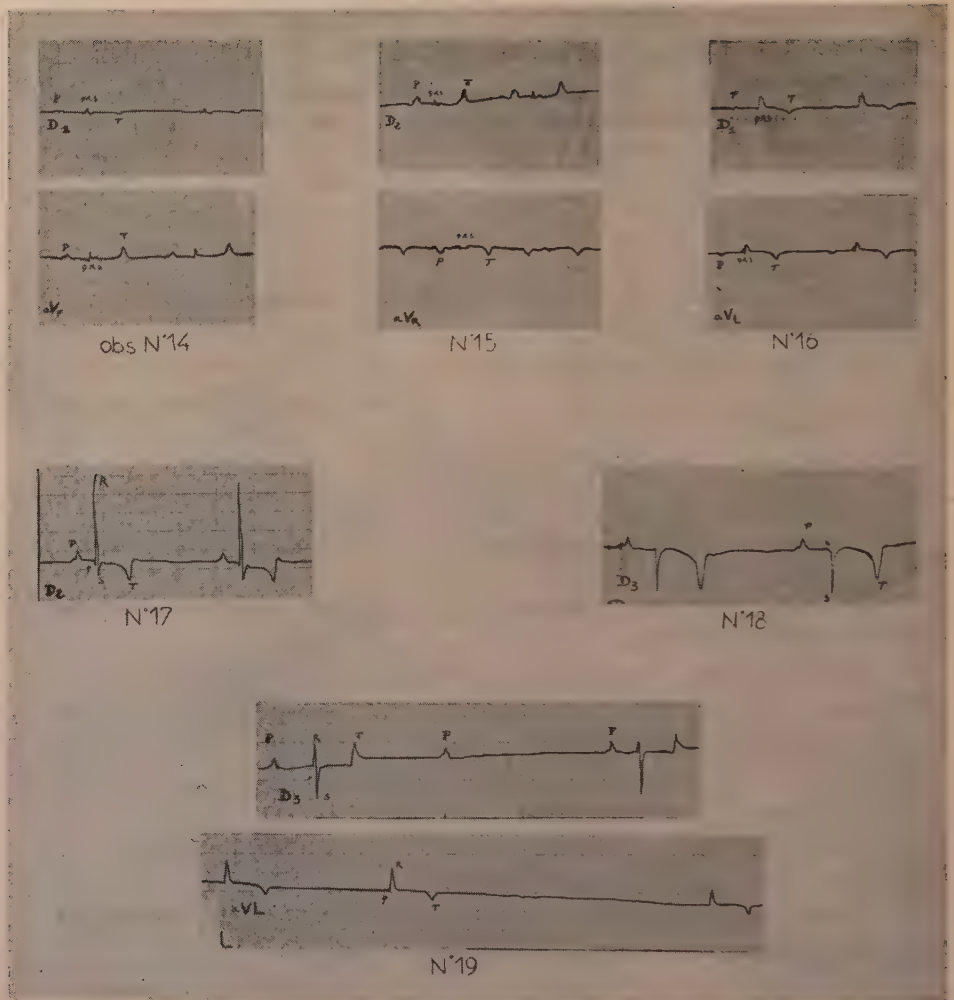


PLANCHE III

Observations n^{os} 14, 15, 16.

Tracés électriquement anormaux recueillis sur des chevaux cliniquement normaux, selon la méthode classique.

Observations n^{os} 17, 18, 19.

Tracés anormaux, obtenus selon la méthode classique, dont l'interprétation se révèle impossible.

V = 50 mm/sec. 1 cm = 1 mv.

Observation n° 15 (Planche III)

« Nestor ». Jument demi-sang normand. 6 ans. Bai.

Jeune cheval, à peine débourré, possédant de bonnes allures et soumis à un léger travail quotidien.

Examen clinique : cœur un peu rapide mais normal.

Tracé électrocardiographique :

- complexe QRS inversé et aberrant en D₁, D₂, VL ;
- onde T inversée en D₁, très marquée et symétrique en D₂, D₃ ;
- segment ST cupuliforme ;
- altération de la phase terminale en D₂, D₃, VF.

Conclusion : ce tracé nous fait penser à une atteinte grave du myocarde, ce qui est en contradiction absolue avec la clinique. Il est donc ininterprétable.

Observation n° 16 (Planche III)

« Chibrelly ». Hongre. Pur-sang arabe. 12 ans.

Il s'agit d'un ancien cheval de course, de valeur, qui a cessé toute activité il y a déjà plusieurs années pour atteinte cardiaque (nous n'avons pas pu avoir d'autres précisions) et a été réformé. Il est considéré comme un excellent cheval de concours hippique depuis plusieurs années.

Examen clinique : cœur normal, régulier, bien frappé.

Examen de l'électrocardiogramme :

- En D₁, complexe Q.R.S. à sommet aplati ;
- Modifications nettes en VL avec onde T négative et complexe, de forme rSR'.

Conclusion : tracé non interprétable.

Citons également le fait que l'équation d'Einthoven n'étant pas vérifiée et les tracés présentant cette inconstance marquée, il est absolument impossible de déterminer la position de l'axe électrique. Par conséquent, l'électrocardiogramme d'un cheval normal grand sportif mais semblant révéler par exemple une hypertrophie ventriculaire ou présentant de légères altérations, peut-être dues à un surentraînement, ne pourra pas être interprété valablement.

On devra même se défendre d'émettre une opinion quelconque et la raison veut que l'on déclare ce tracé ininterprétable.

Observation n° 17 (Planche III)

« Négus ». Etalon demi-sang. Alezan doré. 13 ans.

Cheval calme, travaillant en dressage et sur de petits parcours. A l'examen clinique nous notons une bradycardie et une arythmie. L'animal semble très sensible aux excitations vago-sympathiques.

Examen du tracé :

- augmentation de l'amplitude de l'onde P en D₂, D₃, VF ;
- complexe Q.R.S. de grande amplitude en D₂, D₃, VF ;
- onde T asymétrique ;
- phase terminale ST, à convexité opposée au sens de QRS

Conclusion : suspicion d'une légère hypertrophie ventriculaire gauche.

Observation n° 18 (Planche III)

« Navarin ». Cheval hongre. Demi-sang. 6 ans.

Cheval de parcours et de puissance. Soumis à un travail léger. Considéré comme un espoir.

Examen clinique : cœur normal.

Examen du tracé :

- complexe QRS très nettement positif en D₁ et VL, négatif en D₃ et VF ;
- onde T asymétrique, inversée en D₃, VR, VF ;
- segment ST décalé et inversé en D₃ et VF.

Conclusion : suspicion d'hypertrophie ventriculaire gauche.

Observation n° 19 (Planche III)

« Naboula ». Hongre. Anglo-arabe. 6 ans. Bai brun.

Jeune cheval en pleine forme. Considéré comme un espoir.

Examen clinique : cœur normal.

Examen du tracé :

- bloc auriculo-ventriculaire ;
- complexe QRS inversé en D₃ - VL, d'amplitude variable dans une même dérivation ;
- onde T variable, positive en VR.

Conclusion : troubles de la conductibilité auriculo-ventriculaire. Interprétation impossible.

Nous nous trouvons donc en présence d'une méthode qui :

1^o ne permet pas l'obtention de tracés présentant un très grand degré de constance dans les limites compatibles avec les variations anatomiques et physiologiques des individus ;

2^o ne permet pas la vérification de l'équation d'Einthoven et par conséquent interdit toute détermination de la position de l'axe électrique. De ce fait, l'interprétation de tracés pathologiques se trouve limitée aux troubles du rythme (conductibilité et excitabilité) et à certains troubles du muscle cardiaque même (surcharges et hypertrophies ventriculaires, atteintes du myocarde) à la condition que le contexte clinique soit déjà suffisamment caractéristique.

Cette méthode comporte donc de réelles insuffisances.

L'analyse des erreurs dont elle est entachée, parfaitement réalisée par DUBOIS, a permis à cet auteur de proposer une technique différente d'exploration électrocardiographique.

B. LA MÉTHODE DE DUBOIS.

D'après DUBOIS, « si l'on veut mettre en parallèle, sur le plan de l'électrocardiogramme, l'homme et les animaux ou les différentes espèces animales entre elles, il faut éviter d'aborder le problème d'un point de vue purement anthropomorphiste ».

Il existe en effet des différences fondamentales découlant de l'anatomie.

— *Chez l'homme :*

- Le thorax est aplati dans le sens antéro-postérieur.
- La ligne des épaules, c'est-à-dire la ligne passant par la racine du membre et qui représente le côté supérieur du triangle d'Einthoven, passe très nettement au-dessus du cœur. La totalité du vecteur représentant l'activité électrique de celui-ci se projettera donc parfaitement sur cet axe comme sur les deux autres côtés du triangle d'exploration : en aucun cas, la projection de ce vecteur

ne tombera en dehors des limites de cette surface d'exploration.

- Le cœur est, anatomiquement, orienté obliquement en bas et à gauche. Il n'est pas dans l'axe du corps, son axe propre n'est pas situé dans le plan de symétrie de l'organisme.
- Le plan du triangle d'investigation qui recueille la projection maximale du vecteur représentatif de l'activité cardiaque passe, en gros, par la racine des membres antérieurs et par le bassin ; c'est également, à peu de choses près, celui du plan contenant l'axe du cœur.

— *Chez les quadrupèdes :*

- Le thorax est aplati latéralement, d'un côté à l'autre.
- Les épaules se trouvent donc dans deux plans nettement différents, grossièrement parallèles, et l'axe du cœur est situé dans un troisième plan intermédiaire entre les deux précédents.
- La ligne des épaules, la ligne passant par la racine des membres antérieurs n'est plus, comme chez l'homme, marquée par les deux articulations scapulo-humérales. C'est une zone mal délimitée, englobant la masse de la musculature scapulaire et brachiale, plaquée contre le thorax, qui recouvre l'aire de projection cardiaque sur les parois costales.

Aussi, la ligne des épaules, au lieu de passer, comme chez l'homme, très en avant du cœur, traverse celui-ci, plus ou moins selon le sujet, mais d'une manière telle qu'on ne peut retenir cette ligne comme le côté supérieur du triangle d'exploration. On n'est jamais certain, en effet, que cette ligne se trouve suffisamment « en avant » du cœur pour que la projection du vecteur cardiaque ne déborde en dehors de cette limite.

- Le cœur est disposé sensiblement dans le plan de symétrie longitudinal du corps.

- L'axe anatomique du cœur est oblique en bas et en arrière et à peu près perpendiculaire à la direction du scapulum (de l'épine acromienne).

Le plan d'exploration qui recueillera les projections maximales du vecteur cardiaque devra être, lui aussi, incliné par rapport à l'horizontale.

En définitive, DUBOIS insiste sur les points suivants :

1° Condamnation de la multiplicité inutile des dérivations au profit des six dérivations standards de l'électrocardiogramme humain.

2° Nécessité de la transition d'une dérivation à l'autre au cours des déplacements à la surface de la « sphère d'exploration corporelle ».

3° Constance des accidents spécifiques de l'électrocardiogramme pour une dérivation donnée chez une espèce donnée, dans les limites compatibles avec les variations anatomiques et physiologiques individuelles.

4° Equation d'Einthoven vérifiée.

5° Indépendance des tracés vis-à-vis de faibles déplacements des électrodes ou des régions anatomiques qui les supportent.

6° Choix des dérivations inspirées par des considérations anatomiques et non anthropologiques.

a) Nécessité de reconstituer un triangle explorateur d'Einthoven *au centre duquel se trouve le viscère.*

b) Nécessité de situer ce triangle dans un plan contenant l'axe sagittal du cœur.

7° Obtention de tracés d'une amplitude aussi élevée que possible, compte tenu de leur quasi-nullité en D_1 et de leur symétrie en D_2 et D_3 .

En conséquence, DUBOIS détermine un triangle d'exploration en plaçant les électrodes :

- au niveau du bord antérieur de l'épaule, à mi-distance du garrot et de la pointe de l'épaule ;
- au niveau de la zone rétroxyphoïdienne.

L'électrode indifférente est posée sur un membre ou sur la base de la queue.

Réalisant ensuite des enregistrements, il conclut que ce triangle répond bien à toutes les conditions désirées et qu'il est possible, maintenant, d'aborder la phase clinique de l'électrocardiographie.

Nous avons, à notre tour, repris cette méthode.

Les électrodes employées sont des pinces métalliques, genre « crocodile » ou des pinces à forcipressure à mors aplati que nous fixons sur la peau aux endroits choisis, préalablement imbibés de la solution saline.

L'animal est toujours isolé du sol de la même façon que dans la méthode classique.

Nous avons opéré sur 36 chevaux, cliniquement sains, enregistrant également chaque fois, afin d'avoir un élément de comparaison, selon la méthode classique.

Il nous est apparu que :

1^o les tracés obtenus montrent une grande constance des accidents spécifiques et les amplitudes sont de loin supérieures (plus du double) à celles existant dans les tracés de la méthode classique ;

2^o l'indépendance des tracés vis-à-vis de faibles déplacements des électrodes ou des régions anatomiques qui les supportent est réalisée ;

3^o la transition d'une dérivation à l'autre dans le sens $D_1 \rightarrow \text{— VR} \rightarrow D_2 \rightarrow \text{VF} \rightarrow D_3 \rightarrow \text{— VL}$ est satisfaisante ;

4^o la dérivation D_1 n'est jamais nulle (R : de 0,1 à 0,3 mv) ;

5^o il n'y a pas de transition nette entre les différents accidents. Notamment le segment ST est très mal défini ;

6^o enfin, l'équation d'Einthoven, bien que souvent approchée, n'est que rarement vérifiée.

Exemples de tracés.

Observations n^{os} 20, 21, 22, 23 (Planche IV).

Très séduisante dans son principe, la méthode de Dubois n'en présente pas moins des inconvénients graves.

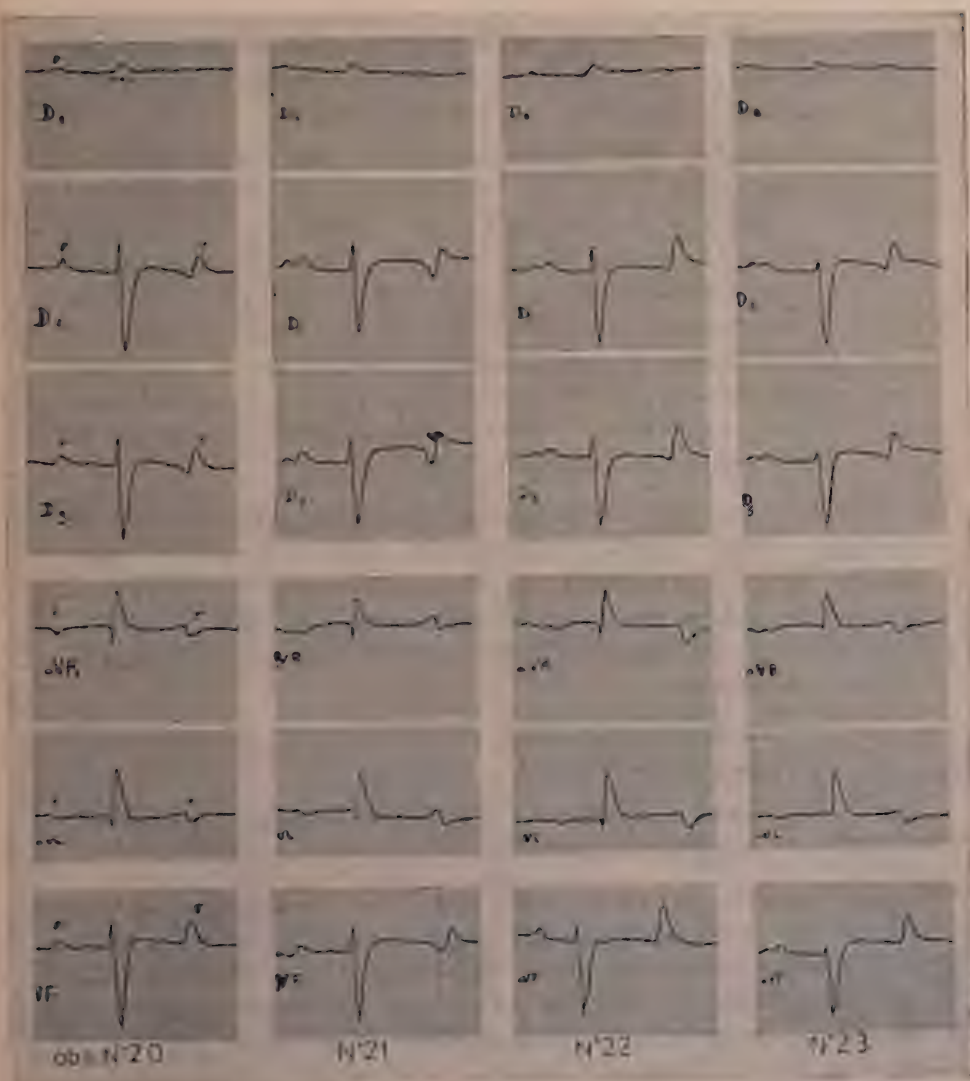


PLANCHE IV

Observations nos 20, 21, 22, 23.

Tracés E.C.G. obtenus selon la méthode de Dubois. Chevaux normaux.

V = 50 mm/sec. 1 cm = 1 mv.

En effet :

- il existe une grande difficulté, de par le manque de transition nette entre les divers accidents, à mesurer à durée des différents segments du tracé ;
- les tracés étant absolument originaux de par leur forme, nous nous trouvons devant un manque total de références et devant l'impossibilité absolue de nous appuyer sur les données de l'électrocardiographie humaine (absence d'ondes Q et S - durée de QRS difficilement mesurable - segment ST non isoélectrique, mal défini - onde T mal délimitée - dérivation D_1 pratiquement inexistante - dérivation D_2 , D_3 , VF semblables, de même pour VR et VL ce qui réduit à deux le nombre de dérivations dont on peut faire l'étude).

Or, il semble difficile de devoir se passer d'une source de renseignements si riche. Compte tenu du faible effectif équin et des limites auxquelles se heurte la clinique vétérinaire, de par la nature même des sujets auxquels elle a affaire, établir une pathologie spécifique, sans aucune base de départ, semble une gageure.

- Le triangle d'exploration ne semble pas convenir parfaitement aux données.

a) L'équation d'Einthoven, bien que toujours approchée, n'est pas constamment vérifiée.

b) Pourquoi placer le côté supérieur du triangle d'Einthoven perpendiculairement à l'axe électrique (ce qui a pour conséquence l'obtention d'une dérivation D_1 inutilisable) alors que chez l'homme la totalité du vecteur représentant l'activité électrique du cœur se projette parfaitement sur cet axe ?

c) Pourquoi réaliser un triangle d'exploration dont le côté supérieur est perpendiculaire à la ligne que font les oreillettes (alors que chez l'homme il lui est approximativement parallèle) et négliger ainsi la rotation d'environ 90° sur la gauche qu'a effectuée le cœur du cheval, comme l'indique M. le Pr BARONE, dans son traité d'*Anatomie des Equidés Domestiques* ?

En conséquence, de par l'excellente critique de la méthode classique que réalise DUBOIS, et de par le fait que sa méthode remet en question l'électrocardiographie en médecine vétérinaire, l'intérêt de ce procédé est loin d'être négligeable.

Mais du point de vue pratique, nous pensons que cette méthode ne peut rien apporter de plus que la méthode classique puisqu'elle se trouve uniquement limitée à l'interprétation des troubles du rythme et de la conduction et que de plus elle ne répond pas encore parfaitement aux conditions théoriques de l'électrocardiographie.

TROISIÈME PARTIE

CONSÉQUENCES : NÉCESSITÉ D'UNE NOUVELLE MÉTHODE D'EXPLORATION

I. CONSÉQUENCES.

Au terme de cette étude comparée, les méthodes actuellement employées permettent d'étudier, chez le cheval, les troubles du rythme, de l'excitabilité et de la conductibilité.

La méthode des dérivations podales permet en outre de révéler certaines affections cardiaques (hypertrophie - atteinte du myocarde), en s'appuyant sur un contexte clinique très solide, et de confirmer ainsi un diagnostic.

Mais, par suite de son erreur de conception, elle se trouve limitée puisqu'elle est très souvent à l'origine de tracés *électriquement* anormaux, et nous met dans l'impossibilité de déterminer l'axe électrique du cœur, d'où la difficulté d'interprétation de certains troubles graphiques chez des chevaux cliniquement sains.

La méthode de Dubois ne peut être employée, n'apportant rien de plus que la méthode classique, si l'on considère l'électrocardiogramme simplement du point de vue pratique.

Par contre, elle a le grand mérite de montrer clairement dans quel sens doivent s'orienter les recherches pour aboutir à une électrocardiographie vétérinaire comparativement valable.

Autre point qu'aucune des méthodes actuelles ne permet de résoudre : le cheval de sport n'intéresse son propriétaire que du point de vue des performances. Connaître les possibilités, les limites, la « forme » de son cheval, voilà ce qui le préoccupe. Savoir qu'il est cardiaque lui importe beaucoup moins.

Or comment aboutir à cette connaissance du degré d'entraînement cardiaque du cheval si ce n'est par l'épreuve d'effort permettant d'évaluer et d'enregistrer la rapidité de récupération de l'animal et de détecter éventuellement les troubles qui peuvent apparaître au cours de l'effort ou après celui-ci ?

Actuellement, nous ne pouvons que mesurer le temps au bout duquel le rythme revient à la normale et voir s'il n'y a pas de troubles de la conduction. Mais il est hors de question d'envisager de définir et de codifier le tracé électrocardiographique du cœur « sportif » chez le cheval ainsi que les modifications de ce tracé, au cours ou après l'effort.

En un mot, il est utopique d'espérer aboutir avec les méthodes actuelles à une électrocardiographie du cheval de sport. Or c'est le but que nous devons atteindre si l'on veut que cette méthode d'exploration présente tout l'intérêt que l'on est en droit d'attendre.

Nous voyons donc la nécessité d'une nouvelle méthode d'exploration électrocardiographique.

Ce sont les bases et les principes d'une telle méthode que nous allons maintenant essayer de définir.

II. BASES ET PRINCIPES D'UNE NOUVELLE MÉTHODE D'EXPLORATION.

Cette méthode devra répondre aux bases théoriques de l'électrocardiographie, mais ne devra pas, pour ce faire, cesser d'être d'un emploi commode.

D'où :

1^o Emploi de six dérivations au maximum :

trois bipolaires,
trois unipolaires,

les autres dérivations (précordiales - unipolaires diverses) ne devant être employées qu'au stade expérimental ou ultérieurement au stade pratique, en nombre limité, quand sera bien connu l'électrocardiogramme de base.

2^o Détermination d'un triangle d'exploration comparable au triangle d'Einthoven, c'est-à-dire :

- triangle équilatéral ou approché ;
- cœur au centre du triangle ;
- côté supérieur du triangle grossièrement parallèle à la ligne formée par les oreillettes (respect de la rotation du cœur) ;
- triangle parfaitement défini, ses sommets reposant sur des points anatomiques facilement repérables et immobiles, quels que soient les mouvements de l'animal.

3^o Tracés montrant une constance des accidents spécifiques (amplitude, durée, forme) dans les limites compatibles avec les variations anatomo-physiologiques.

4^o Tracés ayant une amplitude aussi élevée que possible dans toutes les dérivations.

5^o Transition d'une dérivation à l'autre au cours des déplacements à la surface de la sphère d'exploration, dans le sens $D_1 \rightarrow -VR \rightarrow D_2 \rightarrow VF \rightarrow D_3 \rightarrow -VL$.

6^o Equation d'Einthoven vérifiée, c'est-à-dire : $D_2 = D_1 + D_3$.

7^o Tracés se rapprochant, dans la mesure du possible, de l'électrocardiogramme humain et présentant des accidents nettement différenciés, permettant une mesure facile et exacte des durées et des amplitudes, et une transposition sur le plan pathologique.

III. QUELQUES ESSAIS DANS CE SENS.

A) *Rappel de la topographie du cœur du cheval.*

Chez le cheval, le cœur se présente comme un organe charnu, conoïde, à pointe inféro-postérieure.

Aplati transversalement, il présente deux faces, droite et gauche, deux bords, antérieur et postérieur, une base supérieure et une pointe ou sommet, inférieur.

Les deux cinquièmes de la masse cardiaque se trouvent à droite du plan médian, et les trois cinquièmes à gauche.

— *Zone de projection du cœur.*

La zone de projection du cœur sur les parois costales peut, chez la moyenne des sujets, être définie de la façon suivante :

- Son bord antérieur atteint le bord antérieur de la troisième côte ;
- Son bord postérieur suit la sixième côte. Il est rare qu'il atteigne le sixième espace intercostal ;
- La base du cœur se projette selon une ligne courbe étendue de la troisième à la cinquième côte et dont la partie la plus saillante peut se situer au niveau du quatrième espace intercostal.

Elle se situe à l'union du tiers moyen et du tiers inférieur de la hauteur totale du thorax.

- La pointe du cœur arrive au niveau du sixième espace interchondral, en regard de la sixième côte.

— *Situation extérieure de l'aire cardiaque.*

D'après NICOULEAU, chez le cheval, le cœur peut approximativement être délimité, à la surface de l'épaule, par un triangle rectangle à hypoténuse curviligne et à sommet inférieur dont :

- le bord postérieur est une verticale dressée à partir de la pointe du coude ;
- le bord supérieur est une horizontale passant à 4 ou 5 cm au-dessous de la pointe de l'épaule ;
- l'hypoténuse, convexe en avant, réunit la pointe du coude à un point situé sur la ligne horizontale supérieure, à égale distance de la pointe de l'épaule et du bord postérieur du défaut de l'épaule.

B) *Appareil et technique.*

L'appareil que nous avons utilisé pour toutes nos observations sur des chevaux normaux, afin de comparer les différentes méthodes, de vérifier l'équation d'Einthoven, et pour nos essais concernant une nouvelle méthode d'enregistrement est un Cardiovar de la maison Alvar.

Pour nos observations concernant les chevaux anormaux, comme nous avons souvent à nous déplacer chez les propriétaires, nous avons employé un Cardiovar portatif à une voie.

La vitesse de déroulement est, selon les cas, de 25 ou de 50 mm par seconde.

L'étalonnage est réglé de façon à ce qu'une déflexion de 1 cm corresponde à une intensité de 1 mv.

Les conditions dans lesquelles se fait l'enregistrement ne sont pas différentes de celles existant lors de l'emploi de la méthode classique ou de celle de Dubois (animal debout - sol sec - isolement à l'aide de sandales de cuir).

Les électrodes employées sont des pinces métalliques, de type « crocodile » dont les mors ont été émoussés.

L'électrode indifférente est une plaque fixée au postérieur droit, à la face interne de la jambe, un travers de main au-dessus du jarret, la peau étant préalablement mouillée à l'aide d'un tampon imbibé d'une solution salée saturée, et enduite d'une pâte conductrice.

C) *Triangle d'exploration* (*).

En fonction de l'étude critique précédemment réalisée, des conclusions auxquelles nous aboutissions, de l'examen de la topographie du cœur de cheval, nous avons alors essayé de déterminer un triangle d'exploration satisfaisant.

Nous avons finalement choisi comme points représentant les sommets du triangle (Planche V) :

- Point (1) : sommet de l'appendice trachélien.
- Point (2) : point situé à l'intersection de la ligne du dos avec une verticale, élevée à partir de l'intersection du 9^e espace intercostal avec une horizontale tracée à partir de la pointe de l'épaule.

(*) Cette partie du travail fut exécutée au Centre de Recherches et de Productions Biologiques du Service Biologique et Vétérinaire des Armées, suivant les conseils et avec l'aide du vétérinaire-commandant CHARY et du vétérinaire-capitaine DUFOUR.

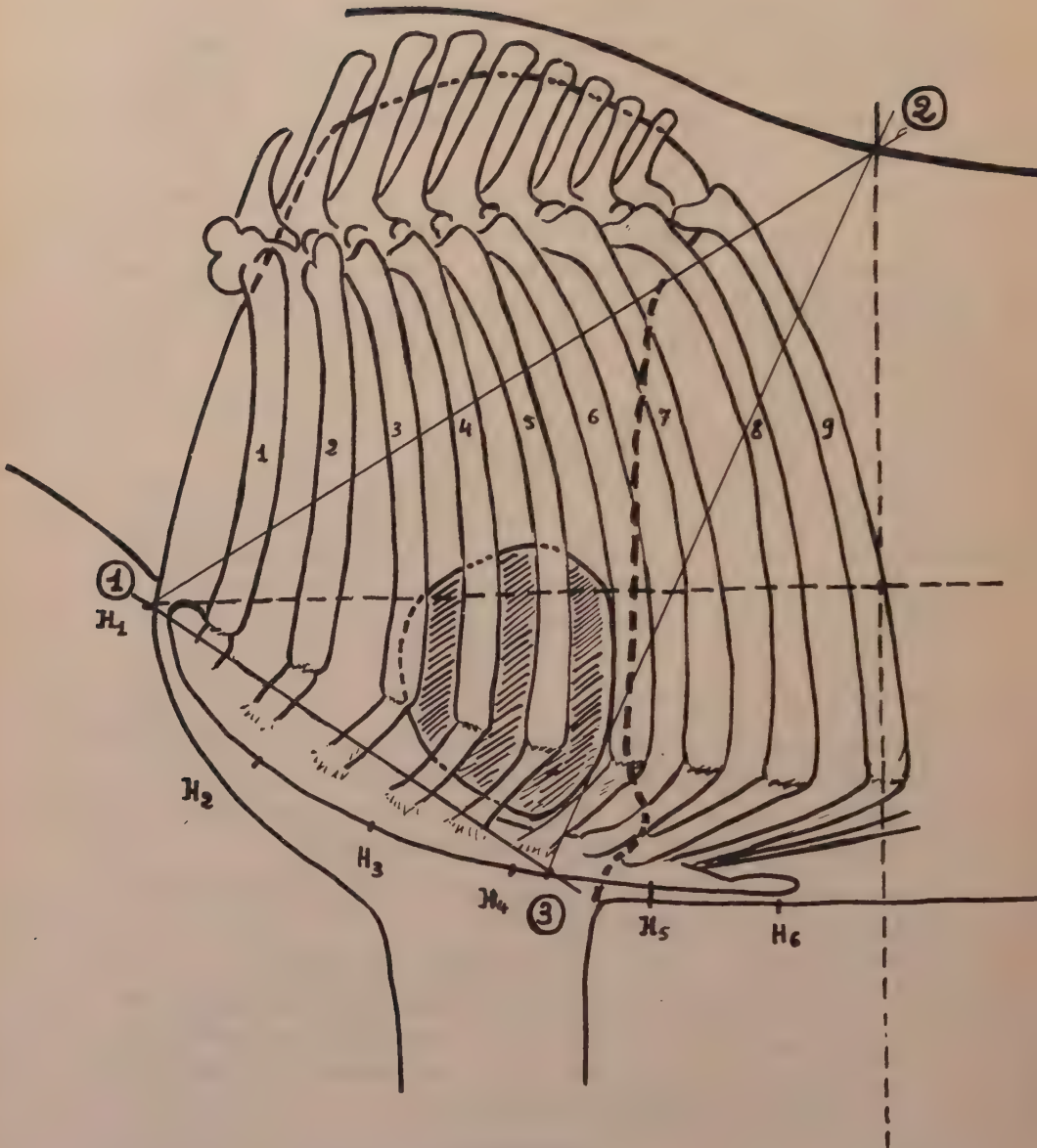


PLANCHE V

Positions respectives du cœur et de l'épaule sur la paroi costale chez le cheval (d'après NICOULEAU).

Détermination du triangle d'exploration utilisé dans la nouvelle méthode.

— Point (3) : le sternum est mesuré sur sa longueur totale à l'aide d'une bande élastique, type bande d'Esmarch (et de ce fait adaptable aux différents sujets), divisée en six parties égales (donnant, en allant de l'appendice trachélien vers l'appendice xyphoïde, les points $H_1 - H_2 - H_3 - H_4 - H_5 - H_6$).

Le point d'élection se trouve situé au niveau du quart antérieur de l'intervalle $H_4 - H_5$.

Ce triangle passe par le plan sagittal du corps de l'animal et approximativement par le plan sagittal du cœur, légèrement plus à droite.

Nous enregistrons les dérivations suivantes :

D_1 : appendice trachélien (1). Arrière du garrot (2).

D_2 : appendice trachélien (1). Quart antérieur de $H_4 - H_5$ (3).

D_3 : arrière du garrot (2). Quart antérieur de $H_4 - H_5$ (3).

ainsi que les dérivations unipolaires correspondantes (aVR - aVL - aVF).

D) *Observations.*

Notre travail porte actuellement sur 17 chevaux normaux.

Nous avons placé les électrodes systématiquement aux trois points déterminés, sans chercher à modifier la position des électrodes en quoi que ce soit, à aucun moment (Planche VI).

Nous avons également enregistré sur chaque animal les tracés selon la méthode classique et la méthode de Dubois afin d'avoir des éléments de comparaison (Planches VII et VIII).

Bien que ce triangle d'exploration soit plus un triangle isocèle qu'un triangle équilatéral, et bien que le cœur ne puisse être considéré comme étant dans son centre, l'équation d'Einthoven est parfaitement vérifiée dans quatorze cas sur dix-sept (alors qu'elle ne l'est que dans trois sur dix-sept par la méthode classique et dans six cas sur dix-sept par la méthode de Dubois).

Il semble donc qu'électriquement ce triangle d'exploration réponde mieux aux bases théoriques.

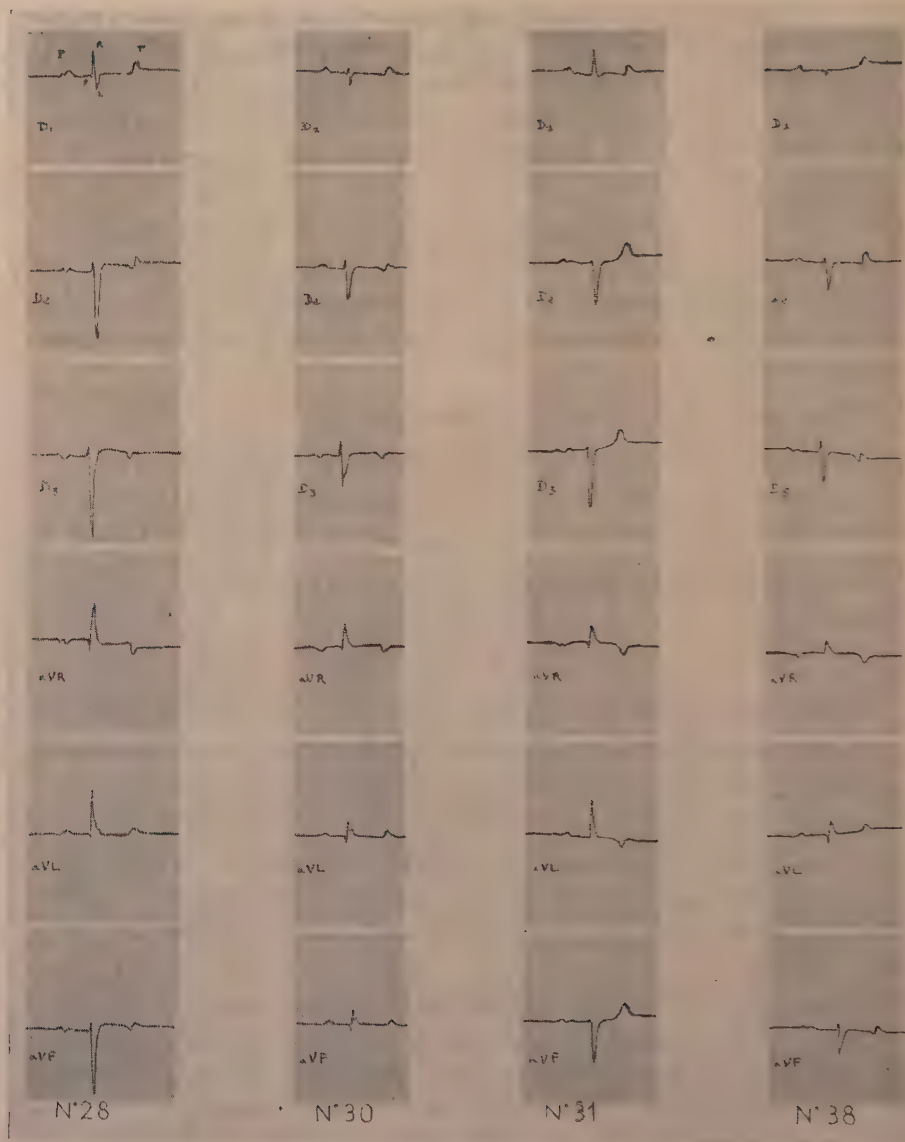


PLANCHE VI

Observations n^{os} 28, 30, 31, 38.

Tracés E.C.G. obtenus selon la nouvelle méthode.

V = 25 mm/sec. 1 cm = 1 mv.

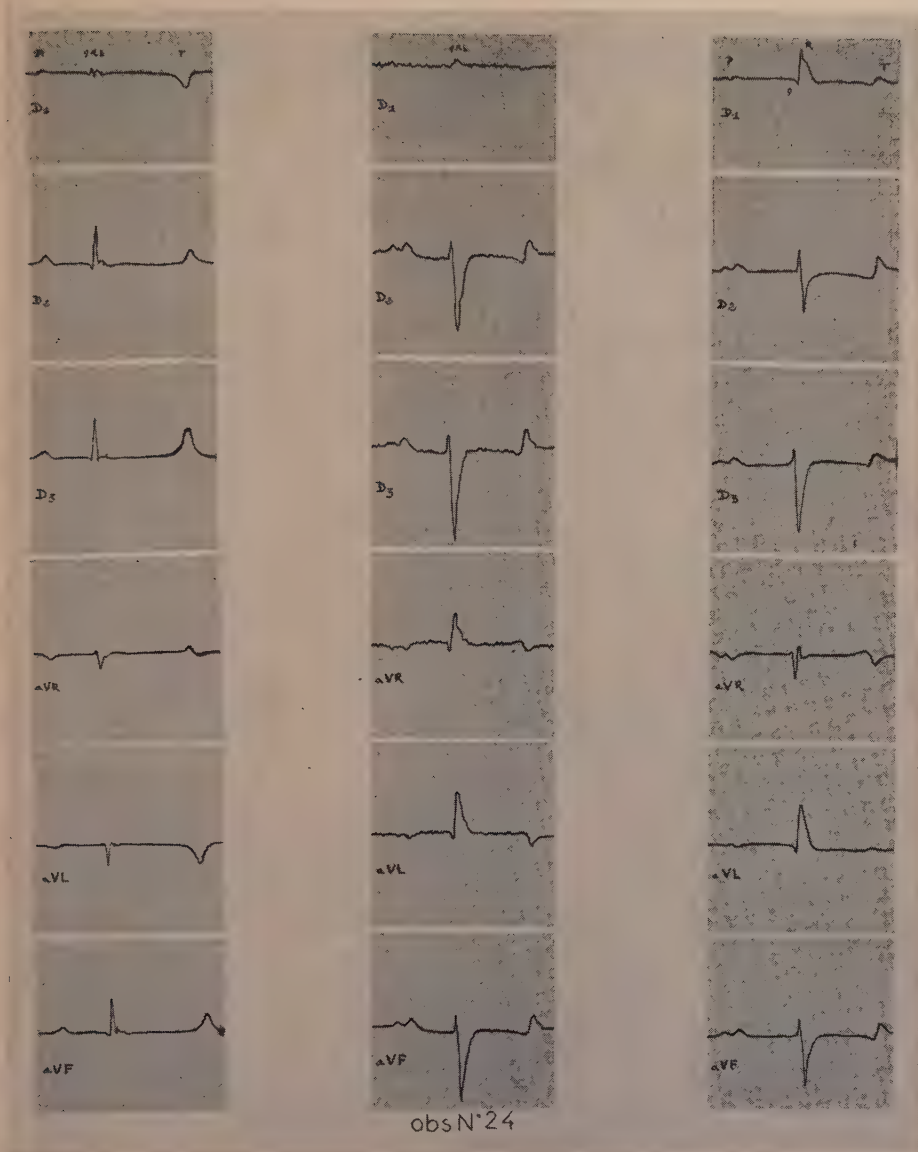


PLANCHE VII

Observation n° 24.

Comparaison des tracés E.C.G. obtenus sur un même cheval selon les trois méthodes d'enregistrement.

V = 50 mm/sec. 1 cm = 1 mv.

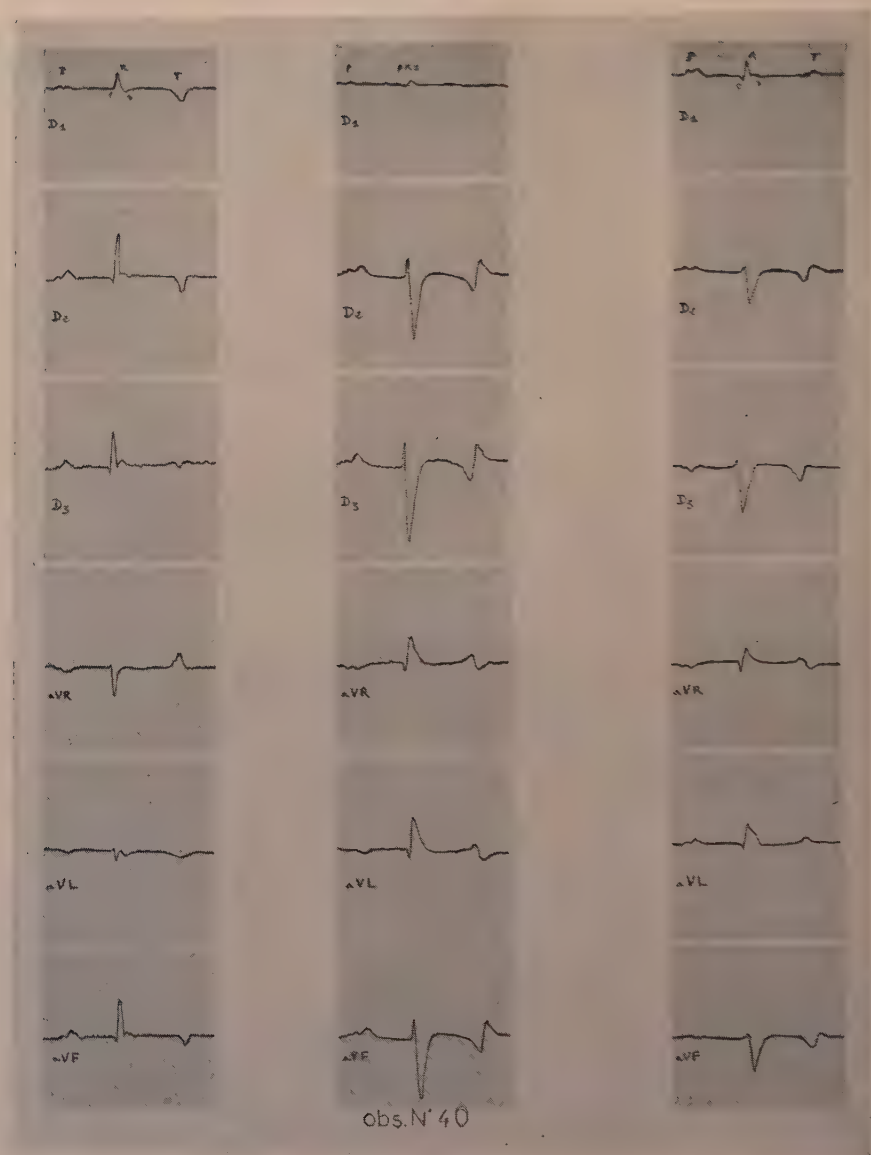


PLANCHE VIII

Observation n° 40.

Comparaison des tracés E.C.G. obtenus sur un même cheval selon les trois méthodes d'enregistrement.

$V = 150 \text{ mm/sec. } 1 \text{ cm} = 1 \text{ mv.}$

<i>Chevaux</i>	Méthode Classique		Méthode de Dubois		Troisième Méthode	
	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$
N° 24. Irène	$D_1 = + 3$ $D_2 = + 10$ $D_3 = + 11,5$	$+ 10 = + 14,5$	$D_1 = + 2$ $D_2 = - 15$ $D_3 = - 19$	$- 15 = - 17$	$D_1 = + 2,5$ $D_2 = - 15$ $D_3 = - 17$	$- 15 = - 14,5$
N° 25. Miette	$D_1 = + 2$ $D_2 = + 9$ $D_3 = + 7,5$	$+ 9 = + 9,5$	$D_1 = + 1$ $D_2 = - 11$ $D_3 = - 12,5$	$- 11 = - 11,5$	$D_1 = + 3$ $D_2 = - 12$ $D_3 = - 15$	$- 12 = - 12$
N° 26. New-Street	$D_1 = + 7$ $D_2 = + 16$ $D_3 = + 6$	$+ 16 = + 13$	$D_1 = + 1$ $D_2 = - 2,5$ $D_3 = - 3,5$	$- 2,5 = - 3,5$	$D_1 = + 8$ $D_2 = - 5,5$ $D_3 = - 12$	$- 5,5 = - 4$
N° 27. Miss Savigny ...	$D_1 = + 4$ $D_2 = + 4$ $D_3 = - 0,5$	$+ 4 = + 3,5$	$D_1 = + 1,5$ $D_2 = - 13$ $D_3 = - 17$	$- 13 = - 15,5$	$D_1 = + 3$ $D_2 = - 5,5$ $D_3 = - 9,5$	$- 5,5 = - 6,5$
N° 28. Kalmia	$D_1 = + 3$ $D_2 = + 8$ $D_3 = - 5$	$+ 8 = - 2$	$D_1 = + 0$ $D_2 = - 13$ $D_3 = - 15$	$- 13 = - 14$	$D_1 = + 3$ $D_2 = - 16$ $D_3 = - 19$	$- 16 = - 16$
N° 29. Nylon	$D_1 = + 2,5$ $D_2 = + 17$ $D_3 = + 12$	$+ 17 = + 14,5$	$D_1 = + 1$ $D_2 = - 3$ $D_3 = - 4$	$- 3 = - 3$	$D_1 = + 5$ $D_2 = - 5$ $D_3 = - 11,5$	$- 5 = - 6,5$

Chevaux	Méthode Classique		Méthode de Dubois		Troisième Méthode	
	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$
N° 30. Ouragan	$D_1 = + 2$ $D_2 = - 3$ $D_3 = - 5$	$- 3 = - 3$	$D_1 = 0$ $D_2 = - 9,5$ $D_3 = - 11$	$- 9,5 = - 11$	$D_1 = - 2$ $D_2 = - 6$ $D_3 = - 4$	$- 6 = - 6$
N° 31. Néron	$D_1 = + 6,5$ $D_2 = + 10$ $D_3 = + 6$	$+ 10 = + 12,5$	$D_1 = + 0,5$ $D_2 = - 15$ $D_3 = - 16$	$- 15 = - 15,5$	$D_1 = + 6$ $D_2 = - 9,5$ $D_3 = - 15,5$	$- 9,5 = - 9,5$
N° 32. Joyeux Bosquet .	$D_1 = + 7,5$ $D_2 = - 3$ $D_3 = - 13$	$- 3 = - 5,5$	$D_1 = + 2$ $D_2 = - 17$ $D_3 = - 18$	$- 17 = - 16$	$D_1 = - 10$ $D_2 = - 15$ $D_3 = - 5$	$- 15 = - 15$
N° 33. Ibis	$D_1 = + 4$ $D_2 = + 15$ $D_3 = + 13$	$+ 15 = + 17$	$D_1 = + 1$ $D_2 = - 8,5$ $D_3 = - 11$	$- 8,5 = - 10$	$D_1 = + 6$ $D_2 = - 10$ $D_3 = - 16$	$- 10 = - 10$
N° 34. Libet	$D_1 = + 9$ $D_2 = + 4$ $D_3 = - 8$	$+ 4 = + 1$	$D_1 = + 1$ $D_2 = - 15$ $D_3 = - 17$	$- 15 = - 16$	$D_1 = - 1$ $D_2 = - 16$ $D_3 = - 15$	$- 16 = - 16$
N° 35. Kerphir	$D_1 = - 4,5$ $D_2 = + 4$ $D_3 = - 2$	$+ 4 = + 2,5$	$D_1 = 0$ $D_2 = - 12,5$ $D_3 = - 13$	$- 12,5 = - 13$	$D_1 = - 5$ $D_2 = - 11$ $D_3 = - 6$	$- 11 = - 11$

Chevaux	Méthode Classique		Méthode de Dubois		Troisième Méthode	
	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$	Amplitude du complexe QRS en millivolt	Equation d'Einthoven $D_2 = D_1 + D_3$
N° 36. Manche	$D_1 = + 2$ $D_2 = + 8$ $D_3 = + 3$	$+ 8 = + 5$	$D_1 = + 2$ $D_2 = + 12,5$ $D_3 = + 17,5$	$+ 12,5 = + 15,5$	$D_1 = + 3$ $D_2 = - 8,5$ $D_3 = - 11,5$	$- 8,5 = - 8,5$
N° 37. Tartarin	$D_1 = + 4$ $D_2 = - 4,5$ $D_3 = - 5$	$- 4,5 = - 1$	$D_1 = + 0,5$ $D_2 = - 10,5$ $D_3 = - 13$	$+ 10,5 = + 12,5$	$D_1 = - 2$ $D_2 = - 7$ $D_3 = - 5$	$- 7 = - 7$
N° 38. Kernesse	$D_1 = + 2$ $D_2 = - 1$ $D_3 = - 2$	$- 1 = 0$	$D_1 = + 2$ $D_2 = - 13$ $D_3 = - 16$	$- 13 = - 14$	$D_1 = - 2$ $D_2 = - 7$ $D_3 = - 5$	$- 7 = - 7$
N° 39. Igloo	$D_1 = + 2,5$ $D_2 = - 1$ $D_3 = - 6$	$- 1 = - 3,5$	$D_1 = 0$ $D_2 = - 12$ $D_3 = - 14$	$- 12 = - 14$	$D_1 = - 3$ $D_2 = - 10$ $D_3 = - 7$	$- 10 = - 10$
N° 40. Iris du Chatelier.	$D_1 = + 4$ $D_2 = + 9$ $D_3 = + 7,5$	$+ 9 = + 11,5$	$D_1 = + 1$ $D_2 = - 11,5$ $D_3 = - 13,5$	$- 11,5 = - 12,5$	$D_1 = + 3$ $D_2 = - 7$ $D_3 = - 10$	$- 7 = - 7$

De plus :

- les tracés présentent un grand degré de constance ;
- l'amplitude est élevée dans les six dérivations et D_1 est une dérivation utilisable ;
- la transition d'une dérivation à l'autre, au cours des déplacements à la surface de la sphère d'exploration dans le sens $D_1 \rightarrow \text{— VR} \rightarrow D_2 \rightarrow \text{VF} \rightarrow D_3 \rightarrow \text{— VL}$ est réalisée ;
- en ce qui concerne les différents accidents, ils semblent nettement différenciés (notamment à la vitesse de déroulement de 25 mm/seconde).

Notre expérimentation est évidemment trop restreinte pour que nous puissions nous livrer à une étude détaillée des durées et amplitudes et que nous tentions de définir des tracés normaux ou autres.

Tel n'est pas notre but ici. Simplement nous voulons essayer de montrer qu'il doit être possible, en travaillant dans le sens que nous indiquons, et sur un plus grand nombre, d'établir une méthode électrocardiographique valable.

DISCUSSION DES ENREGISTREMENTS RÉALISÉS SUIVANT LES DIFFÉRENTES MÉTHODES.

En voulant, à l'origine, définir l'électrocardiographie du cheval de sport sous ses aspects normaux et pathologiques, étudier l'utilité de l'épreuve d'effort, ainsi que les modifications qu'elle apportait à la morphologie des tracés, nous nous sommes aperçu que nous ne pouvions parvenir aux résultats désirés.

Nous avons alors été conduit à essayer de préciser les causes de cet état de fait.

Dans ce but, nous avons étudié les deux principales méthodes d'enregistrement : la méthode classique ou des dérivations par les membres, et la méthode définie par DUBOIS.

L'examen des enregistrements réalisés sur 36 chevaux normaux selon la méthode classique, nous a permis d'affirmer

que cette méthode, qui donne des tracés rappelant par leur allure générale ceux obtenus chez l'homme (Observations n^{os} 1, 2, 3, 4) :

- 1^o ne permet pas l'obtention de tracés présentant un très grand degré de constance dans les limites compatibles avec les variations anatomiques et physiologiques des individus ;
- 2^o ne permet pas la vérification de l'équation d'Einthoven, et par conséquent interdit toute détermination de la position de l'axe électrique. De ce fait, l'interprétation des tracés pathologiques se trouve limitée aux troubles du rythme, de la conductibilité, de l'excitabilité (Observations n^{os} 5, 6, 7, 8, 9) et à certains troubles du muscle (surcharge et hypertrophie ventriculaire, atteinte du myocarde) à condition que le contexte clinique soit déjà suffisamment caractéristique (Observations n^{os} 10, 11, 12, 13) ;
- 3^o donne trop souvent naissance à des tracés électriquement anormaux chez des chevaux cliniquement sains (Observations n^{os} 14, 15, 16).
- 4^o ne permet pas, du fait de la non-vérification de l'équation d'Einthoven, de l'inconstance des tracés, et de l'impossibilité de déterminer l'axe électrique, d'établir une électrocardiographie du « cœur sportif » et de juger des modifications apportées au tracé par l'épreuve d'effort ou le surentraînement (Observations n^{os} 17, 18, 19).

L'étude de la méthode de Dubois, réalisée sur ces mêmes 36 chevaux cliniquement sains, nous a montré que :

- 1^o la critique de la méthode classique réalisée par cet auteur est pleinement valable et remet en question l'électrocardiographie vétérinaire ;
- 2^o la méthode de Dubois se rapproche considérablement des bases théoriques sur lesquelles repose l'électrocardiographie en général, permettant l'obtention de tracés présentant une grande constance des accidents spéci-

fiques, d'amplitude satisfaisante, indépendants vis-à-vis de faibles déplacements des électrodes et des régions anatomiques qui les supportent, avec une transition d'une dérivation à l'autre dans le sens : $D_1 \rightarrow -VR \rightarrow D_2 \rightarrow VF \rightarrow D_3 \rightarrow -VL$;

— 3° cette méthode n'en présente pas moins des inconvénients graves.

a) Triangle d'exploration ne semblant pas convenir parfaitement aux données théoriques :

- Côté supérieur du triangle (D_1) perpendiculaire à l'axe électrique (d'où l'obtention d'une dérivation D_1 inutilisable) ;
- Côté supérieur du triangle perpendiculaire à la ligne que font les oreillettes, négligeant ainsi la rotation d'environ 90° sur la gauche qu'a effectuée le cœur du cheval ;
- Equation d'Einthoven approchée mais rarement vérifiée.

b) Tracés manquant de transition nette entre les différents accidents d'où une difficulté certaine à mesurer les durées des différents intervalles.

c) Tracés absolument originaux, de par leur forme, avec un nombre de dérivations différentes, morphologiquement réduit à deux et de ce fait rendant impossible l'utilisation des données de l'électrocardiographie humaine (Observations n°s 20, 21, 22, 23).

Nous avons donc affaire à une méthode très utile du point de vue théorique par l'excellente critique de la méthode classique, par le fait qu'elle insiste sur la nécessité de respecter les bases théoriques de l'électrocardiographie, mais qui, du point de vue pratique, semble inutilisable chez le cheval.

De l'étude comparée de ces deux méthodes ressort donc la nécessité d'établir une nouvelle méthode d'exploration reposant sur les points suivants :

1° Emploi de 6 dérivations (3 bipolaires et 3 unipolaires).

2° Détermination d'un triangle d'exploration comparable au triangle d'Einthoven :

- triangle équilatéral ou approché ;
- cœur au centre du triangle ;
- côté supérieur du triangle grossièrement parallèle à la ligne formée par les oreillettes (respect de la rotation du cœur) ;
- triangle parfaitement défini du point de vue des repères anatomiques.

3^o Tracés montrant une constance des accidents spécifiques dans les limites compatibles avec les variations anatomo-physiologiques.

4^o Tracés ayant une amplitude aussi élevée que possible dans toutes les dérivations.

5^o transition d'une dérivation à l'autre dans le sens : $D_1 \rightarrow -VR \rightarrow D_2 \rightarrow VF' \rightarrow D_3 \rightarrow -VL$.

6^o Equation d'Einthoven vérifiée : $D_2 = D_1 + D_3$.

7^o Tracés se rapprochant dans la mesure du possible de l'électrocardiographie humaine, présentant des accidents nets, permettant une mesure facile et exacte des durées et des amplitudes et une transposition sur le plan pathologique.

Essayant de respecter les divers points que nous venons de préciser, nous inspirant des critiques des méthodes précédemment étudiées, et considérant la topographie du cœur du cheval, nous avons été amené à établir un nouveau triangle d'exploration que nous avons défini.

Les tracés obtenus sur 17 chevaux normaux (sur lesquels nous avons également réalisé les enregistrements selon la méthode classique et selon la méthode de Dubois (Observations n^{os} 24 à 40) prouvent qu'il est possible d'établir une méthode d'exploration électrocardiographique, chez le cheval, répondant aux conditions théoriques précédemment énoncées.

Son intérêt pratique ne saurait alors nous échapper.

Elle permet l'obtention d'électrocardiogrammes identiques (dans les limites compatibles avec les variations anatomo-physiologiques) sur des chevaux normaux, la détermination de l'axe électrique moyen et des limites dans lesquelles il peut

varier normalement, le diagnostic des hypertrophies ventriculaires droite ou gauche, autorisant la distinction entre le cœur d'un animal bien entraîné et le cœur d'un animal surmené en s'appuyant notamment sur les déviations de l'axe électrique (chose absolument impossible avec les méthodes précédentes, du fait de l'inconstance des tracés dans l'une et de l'existence d'une dérivation D_1 à peu près nulle dans l'autre).

Enfin, il serait possible d'utiliser pleinement les renseignements donnés par l'électrocardiographie de l'homme.

Ce n'est qu'une fois définitivement admise et universellement reconnue l'existence d'une telle méthode, utilisée par tous les auteurs s'intéressant à ce problème, que pourra alors être mise sur pied une électrocardiographie du cheval de sport avec, par stades successifs, l'établissement des tracés normaux, des tracés pathologiques, des modifications, au cours ou après l'effort.

Travaillant selon une même méthode d'exploration, à des vitesses de déroulement comparables, avec des déflexions de même intensité, utilisant une même méthode d'analyse des tracés et les mêmes critères d'interprétation, les chercheurs pourront alors accumuler les observations et confronter les résultats auxquels ils aboutissent chacun de leur côté, ce qui évitera cette dispersion d'efforts individuels qui s'est produite jusqu'à présent, et permettra la création d'une méthode d'exploration électrocardiographique digne de ce nom.

CONCLUSIONS

En résumé, il ressort de nos observations, portant sur 57 chevaux réputés sportifs, que les méthodes électrocardiographiques ne donnent pas tous les résultats attendus.

Si la méthode de Dérivations Podales ou Méthode Classique permet la reconnaissance de troubles cardiaques, portant sur le rythme et la conductibilité, elle donne naissance à trop de tracés électriquement anormaux ou sans rapport avec la clinique, du fait des erreurs de conception dont elle est entachée, pour permettre, en l'absence d'un contexte clinique très caractéristique, l'étude des fonctions bathmotrope et inotrope.

La méthode de Dubois, si elle répond mieux aux bases théoriques de l'électrocardiographie (quoique imparfaitement) est d'une trop grande originalité pour permettre un emploi pratique et ne donne pas de renseignements supérieurs à ceux fournis par la méthode classique.

Devant l'insuffisance de ces méthodes, nous avons été conduit à définir une nouvelle technique d'exploration répondant à la fois aux principes théoriques et aux nécessités pratiques.

Dix-sept enregistrements réalisés dans ces conditions semblent prouver qu'il est possible d'aboutir à l'édification d'une méthode électrocardiographique unique et aussi efficace que la méthode employée chez l'homme.

Vu : *Le Doyen,*
F. CIER.

Le Président de la Thèse,
P. GONIN.

Vu et permis d'imprimer :
Lyon, le 3 juillet 1964.

Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,
P. LOUIS.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABILDSKOW, WIKINSON, VINCENT, COHEN. — Une étude expérimentale des actions électrocardiographiques des lésions localisées du myocarde. *Amer. J. Cardiol.*, 1961, 8, n° 4, 485-492.
2. AVRIL (P.-B.). — *Le champ électrique du cœur normal et pathologique. Etude expérimentale.* Masson et C^{ie}, 1956.
3. BRESSOU (M.). — *L'électrocardiogramme et le phonocardiogramme du cheval normal.* Thèse Doct. Vét., Paris, 1944.
4. CARRÈRE (J.-M.-M.). — *Contribution à l'étude de l'électrocardiographie chez le cheval.* Thèse Doct. Vét., Toulouse, 1952.
5. CANTEGRIT, CHEVAT, FAURE, MACAREZ, MERLEN. — Le champ électrique du cœur du cheval. *Arch. Maladies Cœur et Vaisseaux*, 1960, 53, n° 2, 162-166.
6. CHARTON (A.), MINOT (G.) et BRESSOU (M.). — Electrocardiogramme normal du cheval. *Bull. Acad. Vét.*, 1943, 16, 141.
7. DUBOIS (M.). — Du choix des dérivations et d'une normalisation de l'E.C.G. chez quelques ongulés domestiques. *Rec. Méd. Vét.*, 1961, 133, n° 6, 425.
 - Sur l'E.C.G. de quelques quadrupèdes. *C. R. Soc. Biol.*, 1961, 155, n° 3, 599-602.
 - Notes de cardiologie clinique : syndrome d'Adam-Stokes sur un bovin. *Rec. Méd. Vét.*, Alfort, 1961, n° 12, 943.
 - Notes de cardiologie clinique : Intoxication par le Parathion. *Rec. Méd. Vét.*, Alfort, 1962, 138, 185-191.
 - Nouvelle observation d'un syndrome Wolff-Parkinson-White en pathologie animale. *Rec. Méd. Vét.*, Alfort, 1962, 138, n° 7, 595.
8. DUBOIS (M.) et CAUCHY. — Considérations générales sur les cardiopathies de la F. A. *Rec. Méd. Vét.*, Alfort, 1963, 139, 113.
 - F. A. et cardiopathie des bovins d'épreuve. *Rec. Méd. Vét.*, Alfort, 1962, 137, 941.
9. DE GIRVES (J.). — *E.C.G. du chien normal. Son utilisation en pharmacodynamie.* Thèse Doct. Fac. Pharmacie, Montpellier, 1954.
10. FABRE (H.), FABRE (R.) et LINQUETTE. — Les modifications électrocardiographiques au cours des péricardites expérimentales chez le chien. *Jour. de Physiol.*, 1961, 53, 337.

11. FATTORUSSO (V.), RITTER (O.). — *Atlas d'Electrocardiographie*. Ed. Masson et C^{ie}, 1963.
12. FLORIO (R.). — *Cours magistral de pathologie médicale*, 1962-1963.
13. FUZIER (P.-E.). — *Contribution à l'étude de l'E.C.G. chez les bovins*. Thèse Doct. Vét., Toulouse, 1956.
14. GLAZIER (O. B.) et DUKES. — A study of the normal E.C.G. of horses. *Irish Vet. J.*, 1963, 17, 21-29 et 32-35.
15. GOULHOT (J. P.). — *Contribution à l'étude de l'E.C.G. dans les myocardites du cheval*. Thèse Doct. Vét., Lyon, 1961.
16. GOY (D.-J.). — *L'épistaxis du pur-sang*. Thèse Doct. Vét., Paris, 1946.
17. KAYSER (Ch.). — *Traité de Physiologie*, tome II, 1958, Masson, édit.
18. KRAFT (H.). — Electrocardiographie et narcose chez le cheval et le chien. *Berl. Münchtierarztl. Wschr.*, 1962, 75, 165-168.
19. LANDGREEN, RUTQVIST. — L'électrocardiogramme des chevaux de trait normaux après le travail. *Nord. Vét. Méd.*, 1953, 5, 905-914, 925.
20. LANNEK (N.). — Le complexe terminal ventriculaire dans l'E.C.G. du cheval. *Nord. Vét. Méd.*, 1951, 3, 425-434.
21. LANNEK (N.) et RUTQVIST (L.). — Aspect historique de l'E.C.G. chez les chevaux. *Nord. Vét. Méd.*, 1951, 3, 435-447.
22. LANNEK (N.) et RUTQVIST (L.). — Aire normale de variation pour l'E.C.G. du cheval. *Nord. Vét. Méd.*, 1951, 3, 904-1117.
23. LIAN (C.) et VILENSKI. — *Savoir interpréter un électrocardiogramme*. Bruxelles, Visschner, 1957.
24. MACAREZ (J.-M.-M.). — *Contribution à l'étude du champ électrique du cœur du cheval*. Thèse Doct. Méd., Paris, 1952.
25. MANTOVANI (A.). — Le dédoublement du bruit cardiaque du cheval. *Atti. Soc. It. Sc. Vet.*, 1948, 2, 331.
26. MAYONADE (G.), BARDIN (P.) et STEIN (P.). — *Précis d'électro et de vectocardiographie*. L'expansion scientifique française, 2^e édition.
27. MICHON, LARCAN et HURIET. — Troubles rythmiques et aspects électrocardiographiques d'ischémie-lésion au cours des syndromes métaboliques aigus. *Presse Médicale*, 1962, (I), n° 19, 921.
28. MORETTI (B.). — Pathologie du rythme cardiaque des animaux domestiques. *Atti Soc. It. Sc. Vet.*, 1951, 5.
29. NAGORSKI. — Etudes électrocardiographiques chez les chevaux de trait. *Rocz. Nauk. Roln.*, Ser. E. Polska, 1960, 69, n° 4, 473-490.
30. NICOLEAU (J.). — *Topographie cardiotoracique du cheval et du bœuf*. Thèse Doct. Vét., Toulouse, 1926.

31. PESTEL (M.). — Incertitudes de l'électrocardiogramme et coefficient personnel d'interprétation. *Presse Médicale*, 1958, 66, n° 46, 1944.
32. PINES. — Sur les endoélectrocardiogrammes des chevaux. *Arch. Maladies Cœur et Vaisseaux*, 1958, 51, 1061-1076.
33. PRADIER (P.). — *Contribution à l'étude de l'E.C.G. du cheval de sport*. Thèse Doct. Vét., Paris, 1962.
34. ROSSI (N.). — L'électrocardiogramme normal chez le cheval pur-sang de course. *Gacetta Veterinaria*, 1951, 13, 70, 55.
35. SALESSE (L.-L.-E.). — *Epistaxis et électrocardiographie du cheval de course*. Thèse Doct. Vét., Toulouse, 1958.
36. SPORRI (H.). — The study of cardiac dynamics and its clinical significance. *Advances in Veterinary Science*, 1962, 7, 324-343.
37. STARK, SOLTÍ et PAPP. — Recherches sur le mécanisme des variations spontanées de l'électrocardiogramme chez le chien. *Acta Med. Acad. Sci. Hungar.*, 1959, 14, n° 4, 345-352.
38. STEEL (J.). — L'électrocardiogramme du cheval sous l'action de certains agents narcotiques. *Medyc. Weteryn.*, 1951, 7, 707.
39. TAGAND et BARONE. — *Anatomie des Equidés domestiques*, tome II, fasc. 4, 1956.
40. VAN ZIJL. — Electrocardiogramme du cheval normal par les techniques d'Einthoven et Wilson. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*, 1951, 3, 85.
41. YACOËL et SPITZ. — L'électrocardiographie et ses applications cliniques chez le cheval. *Rec. Méd. Vét.*, 1937, 113, n° 1, 14.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	13
PREMIÈRE PARTIE. — <i>Bases générales de l'Electrocardiographie.</i>	
<i>Rappel</i>	19
L'hypothèse du dipôle	20
Notion d'axe électrique du cœur	20
Hypothèse d'Einthoven	21
DEUXIÈME PARTIE. — <i>Etude comparée des méthodes utilisées en médecine vétérinaire</i>	23
La méthode classique	23
La méthode de Dubois	35
TROISIÈME PARTIE. — <i>Conséquences. Nécessité d'une nouvelle méthode d'exploration</i>	43
Conséquences	43
Bases et principes d'une nouvelle méthode d'exploration ..	44
Quelques essais dans ce sens	45
Rappel de la topographie du cœur du cheval	45
Appareil et technique	46
Triangle d'exploration	47
Observations	49
Discussion des enregistrements réalisés suivant les différentes méthodes	56
CONCLUSIONS	61

